

[3] Thomson, G. and Pridham, M.S., 1997, 'Controlled laser forming for rapid prototyping', Rapid Prototyping Journal, 3(4), pp. 137-143.

[4] Vollertsen, F., 1994, 'Mechanisms and models for laser forming', In: Proceedings of the LANE, pp. 345-359.

[5] A.T. Male', Y.W. Chen, P.J. Li, C. Pan and Y.M. Zhang Plasma-Jet Forming of Sheet Metal Shapes.

[6] W.J. Xu a,*, J.C. Fang b, X.Y. Wang a, T. Wang, F. Liua, Z.Y. Zhaoa, A numerical simulation of temperature field in plasma-arc forming

[7]. Vollertsen, F. Model for the temperature gradient mechanism of laser bending / F. Vollertsen, M. Rodle. // Proceedings of the LANE'94, Vol. 1, 1994, pp. 371-378.

УДК 621.326

Романов Б.С. студ.; Оратівська Г.М. студ.; Лутай А.М. ст.вик.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доцент.

МЕХАНІЗМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛОКАЛЬНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Лазерне формоутворення дуже гнучкий процес, який швидко перебудовується. Це низько витратна технологія, яка використовує лазерно наведені термічні спотворення для формування конструкцій з тонколистових матеріалів не застосування зовнішніх сил [1-2]. Механізм градієнту температур [3-4] являється найбільш вивченим механізмом лазерного формоутворення. Загалом, його можна описати наступним чином: під час швидкісного нагрівання поверхні лазерним променем, інтенсивно нагріваються верхні шари матеріалу, в той час як нижні залишаються холодними (в силу локальності процесу) і поступово нагріваються за рахунок теплопровідності, в результаті чого виникає різкий перепад температури (градієнт температур) по товщині зразка, що призводить до різного теплового розширення різних шарів матеріалу, та викликає формування листа. Моделювання ТГМ [5] дає можливість визначити кут згину у рівняннях для прямокутних, трикутних, еліптичних і кругових форм пружних зон. Ці форми залежать від теплофізичних властивостей матеріалів і лазерної обробки використовуваних параметрів. Формули для кутів згину для різних зон пружної форми були встановлені, як:

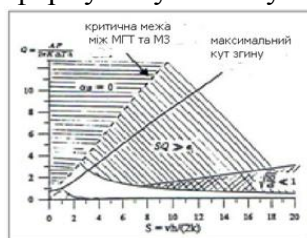
$$\alpha_b = 6\alpha_{th}\Delta T l s_1 (s_0 - s_1) \frac{1}{s_0^3} \quad \alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1 (3s_0 - 2s_1) \frac{1}{s_0^3}$$

Прямокутна : Трикутна:

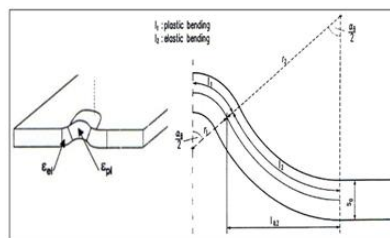
$$\alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1 (3\pi s_0 - 8s_1) \frac{1}{2s_0^3} \quad \alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1^2 (3\pi s_0 - 8s_1) \frac{1}{s_0^3}$$

Еліптична: Кругла:

Остаточна формула кута згину: $\alpha_b = \alpha_{th}\Delta T D^2 (3\pi - 8D)$



а)



б)

Рис.1: критичні області для ТГМ Рис.2: геометрія моделі для механізму випинання

Якщо змінювати параметри процесу то можна перейти до механізму випинання за товщину листа. Він становить близько десяти товщин, на відміну від МГТ, де діаметр променя спів розмірний з товщиною листа. Тобто, у випадку МВ не має різкого перепаду температур (точніше, незначний градієнт, порівняно з градієнтом коли працює МГТ) по глибині зразка. Під час нагрівання теплові напруження стискання розвиваються в листі, і призводять до термопружних напружень, які в свою чергу призводять до локального термопластично-пружного випинання матеріалу[6-7]. Це випинання генерується вздовж напрямку руху лазерного сканування. Коли лазерний промінь закінчує обробку листа, випинання генерується по всій довжині листа. Зразок може деформуватися як в позитивному так і в негативному напрямках, залежно від факторів що включають параметри процесу. Параметри які визначають напрямок випинання мають комплексний характер, що ще раз підтверджує важливість систематизації факторів впливу. Як і у випадку МГТ кут згинання може бути збільшений повторенням процесу опромінення.

$$\frac{\alpha_b}{2} = \frac{l_1}{r_1} = \frac{l_2}{r_2}$$

Кут вигину визначається за формулою:

$$\alpha_b = \left[36 \frac{\alpha_{th} k_f (T_1) A p_1}{c_p \rho E} \frac{1}{v_1 s_0^2} \right]^{1/3}$$

Остаточне рівняння для кута вигину буде:

Розрахувавши кути згину аналітично для певних режимів формування ми отримали певні значення, які занесені до таблиці №1. При проведенні експерименту, де був задіяний механізм температурного градієнту аналітичний розрахунок підтвердився. Експерименти з задіянням механізму випинання, в експериментальному дослідженні. В таблиці №1 порівняні два механізми, тобто їх процеси, ефективність, тощо. Лазерна формування є універсальним процесом, тобто при формувальній за механізмом градієнта температури, можна легко перейти до механізму випинання змінивши делькілька параметрів: 1) Діаметр променя повинен перевищувати товщину листа приблизно в 10 разів. 2) Швидкість обробки треба зменшити.

Таблиця 1

Механізм	Процес	Кут згину	Результати
Температурного градієнту	Діаметр плями = товщині пластини. Висока швидкість сканування. Застосовується для тонких листів	на 2-3° згин за один прохід	високий контроль процесу низька ефективність
Випинання	Діаметр плями >> товщині пластини. Низька швидкість сканування. Застосовується для тонких листів	на 15° згин за один прохід	висока ефективність низька контрольованість процесу

Література:

[1] Кагляк, О.Д. Лазерна формоутворення просторових металевих конструкцій / О.Д. Кагляк, Л.Ф. Головкин, О.О. Гончарук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/1(42). – С. 4-11.

[2] Кагляк О.Д., Головка Л.Ф., Коваленко В.С., Гончарук О.О. Патент на корисну модель №37370 Спосіб керованого формоутворення листових деталей 25.11.2008.

[3] F. Vollertsen, M. Rodle, "Model for the Temperature Gradient Mechanism of laser Bending," in Laser Assisted Net Shape Engineering, Proceedings of the LANE'94, edited by M Geiger and F. Vollertsen, (Meisenbach Bamberg, Germany, 1994), Vol. I, pp. 371 - 378.

[4] Z. Mucha, J. Hoffman, W. Kalita, and S. Mucha, "Laser Forming of Thick Free Plates". Laser Assisted Net shape Engineering 2. Proceedings of the LANE'97, edited by M. Geiger and F. Vollertsen, (Meisenbach Bamberg, Germany, 1997), Vol. 2, pp. 383-392.

[5] W. W. Duley, Laser Processing and Analysis of Materials. Plenum Press (1983).

[6] J. Magee. "Laser Forming of Aerospace Alloys." PhD Thesis, University of Liverpool, 1999.

[7] F. Vollertsen, I. Komel, and R. Kals, "The laser bending of steel foils for microparts by the buckling mechanism - A model," Model. Simul. Mater. Sci. Eng. 3, 107 - 119 (1995).

УДК 621.9.044

Романов Б.С. студ.; Лутай А.М. ст.вик.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доц.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ФОРМУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ІДЕЇ МАЙБУТНЬОГО РОЗВИТКУ

Вданий час суднобудування має постійний попит на нові технології формування. Наданий момент різні види листового металу оброблюються на заводах, в основному листи оброблюються механічно (наприклад, вальцями), як на рис. 1.



Рис.1 технологія механічного формування в суднобудуванні.

Деякі проекти для застосування лазерного формування в кораблебудуванні можуть бути зроблені, так що цей процес замінить існуючі методи формування. Наприклад при виготовленні секцій корпусу, основною областю інтересів є використання 2-D і 3-D лазерного формування, щоб в подальшому замінити механічні методи згину пластини, товщини матеріалу до 20-25 мм. Найбільш простим випадком 2-D лазерного формування є форми частини циліндра для обшивки панелі, які будуть згодом зварені. Але тим не менш, можливості 3-D лазерного формування починає розвиватися також, це буде впровадження в процес примітивних 3-D форм («сідла» і «Подушки»), які потім будуть включені разом, як елементи більш великих та складних структур. В суднобудуванні серйозною проблемою залишається, корекція спотворень (в основному вона виникає через зварювальні роботи), тому для скорочення спотворень